

大都市近郊部における開発地の立地選択要因に関する分析*

A Study on the Effects on Location Trend in the Urban Suburbs*

毛利一貴**・中川大***・大庭哲治****

By Kazutaka MOURI**・Dai NAKAGAWA***・Tetsuharu OBA****

1. はじめに

(1) 背景と目的

土地利用のあり方を定め、乱開発や異用途建築物の乱立を規制するものとして用途地域制度がある。この制度に基づく用途地域の多くは中心市街地及びその周辺に指定され、秩序ある市街地形成に貢献しているが、用途地域内において低利用地の残る地域や、反対に用途地域外で開発が進む地域も存在する。特に、白地地域と呼ばれる非線引き都市計画区域の用途地域外では土地利用規制が緩く、乱開発や拡散的な開発が進んでいる地域もある。

そこで本研究は、大都市近郊部を対象に、既開発行為の立地選択要因を明らかにし、今後の白地地域における開発行為の抑制と、用途地域内への開発行為の誘導に資する判断材料を提示することを目的とする。また、分析にあたっては、土地利用3次メッシュや開発登録簿により構築した詳細な開発状況データベースを用いるとともに、地理的加重ロジスティック回帰モデル (Geographically Weighted Logistic Regression : GWLR) を適用することで、立地選択要因が開発地の立地選択に及ぼす影響の空間的差異を明らかにする。

(2) 既往研究のレビューと本研究の特徴

用途地域外での乱開発に関する主な研究としては、開発登録簿を用いて開発状況を分析し、白地地域の乱開発を指摘したもの¹⁾や、線引き都市について開発の郊外化に関する時空間的分析をおこない、開発の郊外化を抑制する政策について述べたもの²⁾がある。しかし、いずれも線引き非線引きに特化した研究であり、広域に詳細な

*キーワード：土地利用，地域計画，GIS

**学生員，工修，京都大学大学院工学研究科

(京都市西京区京都大学桂 C クラスター，
TEL075-383-3228, FAX075-383-3227)

***正員，工博，京都大学大学院工学研究科

(京都市西京区京都大学桂 C クラスター，
TEL075-383-3226, FAX075-383-3227)

****正員，博士 (工学)，京都大学大学院工学研究科

(京都市西京区京都大学桂 C クラスター，
TEL075-383-3227, FAX075-383-3227)

データを収集して分析はしていない。

そこで本研究は、新たに構築する開発状況データベースを用いて、広域エリアでの定量的な分析をおこなう。その際、密な空間データを用いることにより、立地選択要因が及ぼす影響の空間的差異を考慮する必要があるため、Fotheringham *et al.*³⁾ によって開発された地理的加重回帰モデル (Geographically Weighted Regression : GWR) についても着目する。このモデルは、空間データに重み付けを施すことで空間的自己相関 (Spatial Autocorrelation) を考慮するとともに、観測地点毎に各属性の回帰係数を推定できる点が特徴である。近年ではGWRを発展させた地理的加重ポアソン回帰モデル (Geographically Weighted Poisson Regression : GWPR) や、地理的加重ロジスティック回帰モデル (Geographically Weighted Logistic Regression : GWLR) なども開発されている。GWRを用いた研究としては、西前ら⁴⁾や大庭ら⁵⁾が、また、GWPRを用いた研究としては、Nakaya *et al.*⁶⁾が挙げられるが、GWLRを適用した研究はない。

以上のレビューを踏まえ、本研究の特徴を以下に示す。

- 土地利用 3 次メッシュと開発登録簿を用いて、地理情報システム (GIS) 上に詳細な開発状況データベースを構築している点。
- 立地選択モデルの構築にあたり、GWLR を用いて立地選択要因がもたらす空間的影響を考慮することで、各要因が及ぼす影響の空間的差異を明らかにしている点。

2. 開発状況データベースの構築

近年開発が盛んな滋賀県大都市近郊部を対象に開発状況データベースを構築するにあたり、1997 年の土地利用 3 次メッシュを用いた。なお、メッシュの土地利用属性を表 1 の通り、開発地・低利用地・その他に区分した。

表 1 土地利用 3 次メッシュデータの土地利用属性

設定	土地利用属性	
開発可能地	開発地	建物用地・幹線交通用地
	低利用地	田・その他の農用地・荒地・その他の用地
その他	森林・河川地及び湖沼・海浜・ 海水域・ゴルフ場 など	

また、都市計画地図をデジタルデータとしてGIS上に実装することにより、都市計画地域及び用途地域位置の空間的な把握をおこなった。

続いて、1997年以降2007年までの開発行為に関しては開発登録簿を閲覧し、住所より開発位置を把握した。なお、地域指定により開発許可が必要な開発規模には差があるため、地域指定によらず同一条件での分析を可能とするよう、3,000m²以上の開発行為を対象とし、510件のデータを収集した。

さらに、用途地域形状が立地選択に与える影響を考慮するため、本研究では用途地域形状値を提案する。以下に定義を示す。

$$(\text{用途地域形状値}) = \frac{(\text{用途地域の面積})}{(\text{用途地域と同周長の円の面積})} \quad (3. 1)$$

用途地域形状値は[0, 1]の範囲の値をとり、値が大きいかほど形状は円に近づき、小さいほど入り組んだ形状であることを示す指標である。GIS上で作成した各用途地域ポリゴンの面積と周長を求め、上式に基づいて用途地域形状値を算出し、ポリゴンの属性に追加した。

その他も含め、以上のデータをGIS上で重ね合わせることにより、各メッシュについて表2に示す項目からなる詳細なデータベースを構築した。

表2 開発状況データベースの項目リスト

項目	内容
dis_station	メッシュから最近隣の駅までの距離(km)
dis_road	メッシュから最近隣の国道までの距離(km)
dis_youto	メッシュから最近隣の用途地域までの距離(km)
youtoshape	最近隣の用途地域の用途地域形状値
youtoarea	最近隣の用途地域の面積(km ²)
po_per_all	メッシュ面積に占める開発可能地面積の割合
dev_per_all	メッシュ面積に占める開発地の割合
dummy9707	1: 1997年以降に開発されたメッシュ 0: 1997年以降に開発されていないメッシュ
chosei	1: 市街化調整区域 0: それ以外
siraji	1: 白地地域 0: それ以外
dummy15dev	1: dev_per_all ≥ 0.15のメッシュ 0: それ以外
x	メッシュの重心のx座標
y	メッシュの重心のy座標

3. ロジスティック回帰モデルによる立地選択要因分析

本章では、立地選択モデル構築、及び立地選択要因分析を行う。そこで、まず使用するロジスティック回帰モデルの概要について述べる。続いて、開発状況データベースを用いて、滋賀県大都市近郊部を対象に立地選択モデルを構築し、立地選択要因分析をおこなう。

(1) ロジスティック回帰モデルの概要

ロジスティック回帰モデルは、以下の式で与えられる。

$$\log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = a_0 + \sum_{k=1}^M a_k x_{ik} \quad (3. 1)$$

ただし、

p_i : i 地点の被説明変数が1となる確率($i=1,2,\dots,N$)

x_{ik} : i 地点の k 番目の説明変数

($i=1,2,\dots,N$, $k=1,2,\dots,M$)

a_0 : 定数項

a_k : k 番目の回帰係数($k=1,2,\dots,M$)

(2) 立地選択要因の分析結果

ロジスティック回帰モデルにより、対象地域における立地選択モデルを構築した上で、分析をおこなう。

被説明変数に関しては、表2のdummy15devを用いる。つまり、各メッシュの15%以上の面積が開発地であれば、そのメッシュを開発地とみなし、被説明変数の値を1としている。なお、土地利用細分メッシュを用いて算出した対象地域内の用途地域外における開発地面積割合が15%であるため、この値を採用した。

構築したモデルによって推定された回帰係数の結果を表3に示す。全ての説明変数において t 値は有意水準5%で有意であり、概ね良好な結果である。

表3 回帰係数の推定結果

説明変数名	内容	回帰係数	標準偏差	t値
Intercept	定数項	-1.968	0.336	-5.849
dis_station	駅までの距離(km)	-0.211	0.042	-4.997
dis_road	国道までの距離(km)	-0.152	0.055	-2.766
dis_youto	用途地域までの距離(km)	-0.094	0.033	-2.836
youtoshape	用途地域形状値	-1.578	0.544	-2.901
youtoarea	用途地域面積(km ²)	0.035	0.018	2.018
po_per_all	開発可能地面積割合	4.321	0.286	15.098
dummy9707	1997年以降開発ダミー	0.856	0.181	4.717
chosei	市街化調整区域ダミー	-1.078	0.221	-4.886
siraji	白地地域ダミー	-1.177	0.224	-5.261
データ数		2,934		
AIC		1,253.518		

dis_youto については、回帰係数の符号は負であるため、用途地域内やその周辺ほど開発地として選択されやすいことがわかる。また、youtoshape についても回帰係数の符号は負であるため、形状の入り組んだ用途地域の外縁部に開発が誘導されやすい可能性が見受けられる。用途地域の外縁部は中心市街地に程近く利便性が高いと考えられるにも関わらず、土地利用規制の緩い地域であり、多くの開発行為が集中して乱開発される傾向にあると考えられる。

dummy9707 については、回帰係数の符号は正であるため、新規に開発された土地ほど開発地として選択されやすいことを示しており、開発行為の集積性が読み取れる。

最後に、chosei 及び shiroji より、開発地として選択するのは、用途地域内であることが読み取れる。近年、用途地域外の開発が問題視されているが、用途地域外の開発は拡散的なものである。本研究では被説明変数として dummy15dev を用いているため、拡散的な開発がおこなわれているメッシュを、開発地として扱えなかったことに依存して、このような結果が導かれたと考えられる。

4. 地理的加重ロジスティック回帰モデルによる 立地選択要因分析

(1) 地理的加重ロジスティック回帰モデルの概要
本研究が用いる地理的加重ロジスティック回帰モデル (GWLR) の概要について、ロジスティック回帰モデルと比較して述べる。

ロジスティック回帰モデルでは、各説明変数に対する回帰係数の値は不変であり、対象地域内の各地点におけるそれぞれの説明変数は、被説明変数が1となる確率に対して同じ影響力を持つことを仮定している。

一方、GWLR はロジスティック回帰モデルを拡張したモデルであり、各地点において個別の回帰係数が求められるため、各説明変数が確率に与える影響力の空間的変動の考慮が可能である。GWLR は以下の式で与えられる。

$$\log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = a_{0i} + \sum_{k=1}^M a_{ki} x_{ik} \quad (4. 1)$$

ただし、

p_i : i 地点の被説明変数が1となる確率 ($i=1,2,\dots,N$)

x_{ik} : i 地点の k 番目の説明変数

($i=1,2,\dots,N$, $k=1,2,\dots,M$)

a_{0i} : i 地点の定数項 ($i=1,2,\dots,N$)

a_{ki} : i 地点の k 番目の回帰係数

($i=1,2,\dots,N$, $k=1,2,\dots,M$)

上式を変形し、確率は以下の式で与えられる。

$$p_i = \frac{1}{1 + \exp\left[-\left(a_{0i} + \sum_{k=1}^M a_{ki} x_{ik}\right)\right]} \quad (4. 2)$$

続いて、回帰係数の推定について述べる。回帰係数の推定値は、尤度を最大化する値を用いる。尤度は以下の式で与えられる。

$$L(\{a_{ki}\}) = \prod_{i=1}^N p_i^{y_i} (1-p_i)^{1-y_i} \quad (4. 3)$$

ただし、

$L(\{a_{ki}\})$: 尤度

上式のように、尤度はベルヌーイ分布を仮定している。ところで、尤度の最大化は、対数尤度を最大化することである。対数尤度は以下の式で与えられる。

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} \{y_i \hat{z}_i - \ln(1 + \exp(\hat{z}_i))\} \\ \text{where } \hat{z}_i = a_{0i} + \sum_{k=1}^M a_{ki} x_{ik} \quad (4. 4)$$

ただし、

$\ln L$: 対数尤度

y_i : i 地点の被説明変数 ($i=1,2,\dots,N$)

w_{ij} : j 地点の変数が i 地点の被説明変数に与える影響力を示す地理的加重係数

($i=1,2,\dots,N$, $j=1,2,\dots,N$)

GWLR における説明変数の空間的影響は、地理的加重係数によって表される。これは、各地点に近いほどその地点に与える影響が大きく、離れるほど影響が小さくなるという Tobler⁷⁾ の地理学第1法則に基づいており、以下の式で与えられる。なお、地理的加重係数の決定には、通常、カーネル法が用いられる。

$$w_{ij} = \exp\left[-\left(\frac{d_{ij}}{\beta}\right)^2\right] \quad (4. 5)$$

ただし、

d_{ij} : i 地点と j 地点との距離

β : バンド幅

上式における最適なバンド幅、つまり影響距離の選択には、以下の式に示すクロス推計法 (Cross-Validation Approach)⁸⁾ を用いる。これは i 地点の被説明変数を i 地点を除いた地点の説明変数により推計する方法であり、この値を最小にする β を最適なバンド幅として求める。

$$CV = \sum_{i=1}^N [y_i - \hat{y}_{xi}(\beta)]^2 \quad (4. 6)$$

ただし、

$\hat{y}_{xi}(\beta)$: バンド幅が β の場合における i 地点を除いた y_i の推定値

数式(4. 5)及び数式(4. 6)により求めた w_{ij} の値を数式(4. 4)に代入することで、 $\ln L$ を a_k の関数として表す。そして数式(4. 4)をテイラー展開して最大化することにより、回帰係数の推定値を求める。回帰係数の推定値は以下の式で与えられる。

$$\hat{a}_{ki} = a_{ki} \{Max \ln L\} \quad (4. 7)$$

ただし、

\hat{a}_{ki} : 回帰係数の推定値 ($i=1,2,\dots,N$)

$a_{ki} \{Max \ln L\}$: 対数尤度を最大化する回帰係数の値 ($i=1,2,\dots,N$)

(2) 立地選択モデルの構築及び分析結果

前章では、ロジスティック回帰モデルにより分析をおこなったが、本章ではさらに GWLR により分析をおこなうことで各要因が及ぼす影響の空間的差異を明らかにする。そして、空間を考慮することの意義について述べる。

分析に用いるデータベース等は前章の分析と同じであり、分析手法のみを変更して分析をおこなった。その結果を以下の表4に示す。

表 4 より、最適なバンド幅が約 16km と推定され、影響範囲は、都市計画区域程度であることがわかる。また、モデルの適合度を示す AIC(Akaike Information Criterion)の値が、表 3 に示したロジスティック回帰モデルによる分析に比べて低く、空間を考慮した GWLR によるモデルは、より説明力が高いことを示している。

続いて、図 1 より、dis_station に関して注目すると、彦根市や長浜市を中心にして回帰係数の負の値が大きくなっていることより、平地が多く、開発地が点在する滋賀県においても、ある程度の規模の都市では、鉄道駅の周辺に、より開発行為が生じやすいことが読み取れる。

siroji に注目すると、非線引き都市が多く存在する北部や中南部の内陸部において負の値が小さくなっており、白地地域では、開発に対する抵抗が他地域に比べると少ないことが読み取れる。

さらに、図 2 の立地確率の分布より、用途地域を中心に立地確率の高い地域が広がっていることがわかる。また、中部の白地地域においては立地確率が高い地域が広がっており、何らかの土地利用規制が必要であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、既開発行為の立地選択要因を明らかにし、形状の入り組んだ用途地域の外縁部で開発が促進する可能性について示唆した。

また、通常のロジスティック回帰モデルでは説明変数毎に 1 つしか回帰係数が推定されないため、立地選択に与える影響は対象地域内において一律であったが、表 4 や図 1 に示した GWLR の結果に見られるように、説明変数が立地選択に与える影響は空間的に変動し、中には回帰係数の符号が正負にまたがっているものもあることか

ら、立地選択要因が及ぼす影響の空間的差異を考慮する意義は大きいといえる。

表 4 GWLR による回帰係数の推定結果

説明変数名	内容	回帰係数				
		最小値	第1四分位	中央値	第3四分位	最大値
Intercept	定数項	-4.940	-2.458	-2.045	-1.609	-1.207
dis_station	駅までの距離(km)	-0.226	-0.193	-0.170	-0.147	-0.005
dis_road	国道までの距離(km)	-0.393	-0.274	-0.198	-0.069	0.054
dis_youto	用途地域までの距離(km)	-0.348	-0.211	-0.149	-0.070	-0.026
youtoshape	用途地域形状値	-3.366	-2.314	-1.805	-1.360	4.054
youtoarea	用途地域面積(km ²)	-0.011	0.026	0.037	0.058	0.108
po_per_all	開発可能地面積割合	3.758	3.903	4.261	4.770	6.028
dummy9707	1997年以降開発ダミー	0.316	0.703	0.899	1.016	1.356
chousei	市街化調整区域ダミー	-1.410	-1.117	-1.041	-0.985	-0.888
siroji	白地地域ダミー	-2.034	-1.166	-0.996	-0.848	-0.731
データ数		2,934				
AIC		1,240.883				
バンド幅		16.149(km)				

<参考文献>

- 1) 三宅偉久, 中出文平: 地方都市周辺部の緩規制地域の開発実態と課題に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, No.28, pp.841-846, 1993.
- 2) 杉木直, 青島縮次郎: 都市開発行為の郊外化メカニズムと開発モデルを用いた規制制度運用の評価に関する研究 - 群馬県前橋市を事例として -, 日本都市計画学会学術研究論文集, No.38, pp.211-216, 2003.
- 3) Fotheringham, S., Brunson, C., Charlton, M.E.: Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships, John Wiley & Sons Ltd, 2002.
- 4) 西前出, 小林慎太郎: 広域市町村圏の空間特性を考慮した土地利用モデルの構築, 農村計画論文集, No.5, pp.109-114, 2003.
- 5) 大庭哲治, 柄谷友香, 中川大, 青山吉隆: 京町家集積の近隣外部効果に関する研究, 土木学会論文集, Vol.62 No.2, pp.227-238, 2006.
- 6) Nakaya, T., Fotheringham, S., Brunson, C., Charlton, M.: Geographically weighted Poisson regression for disease associative mapping, Statistics in Medicine 24, pp.2695-2717, 2005.
- 7) Tobler, W.: A computer movie simulating urban growth in the Detroit Region, Economic Geography, 46, pp.234-240, 1970.
- 8) Cleveland, W.S.: Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots, Journal of the American Statistical Association 74, pp.829-836, 1979.

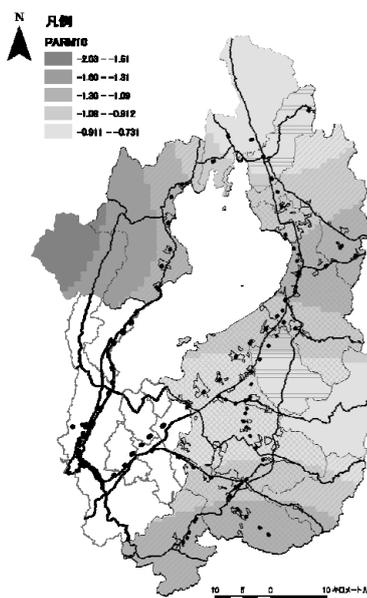
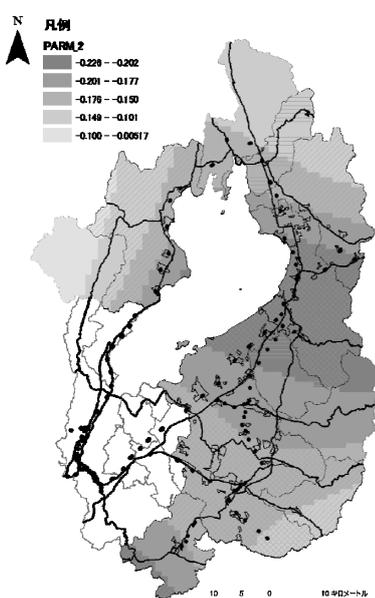


図 1 回帰係数の分布(左:dis_station, 右:siroji)

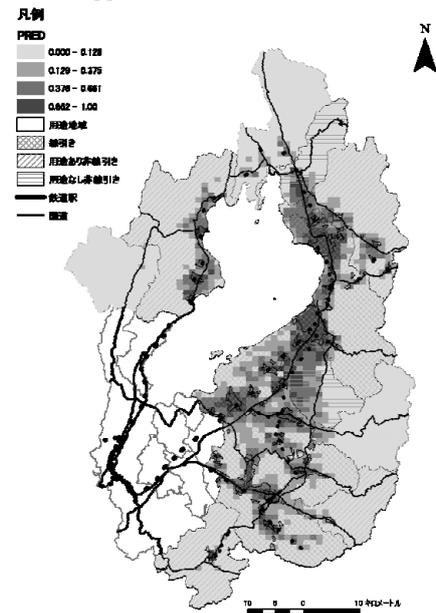


図 2 立地確率の分布